



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 35 688 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**C 08 B 3/14**

②① Aktenzeichen: 198 35 688.9  
②② Anmeldetag: 7. 8. 1998  
②③ Offenlegungstag: 10. 2. 2000

DE 198 35 688 A 1

⑦① Anmelder:

SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, 06886  
Lutherstadt Wittenberg, DE; Lurgi Zimmer AG,  
60388 Frankfurt, DE

⑦② Erfinder:

Zimmermann, Jörg, Dr., 51503 Rösrath, DE; Niclas,  
Hans-Joachim, Prof., Dr., 12435 Berlin, DE; Elbe,  
Werner, 06901 Kemberg, DE; Brück, Matthias, Dr.,  
63517 Rodenbach, DE; Wolf, Reinhard, 63517  
Rodenbach, DE

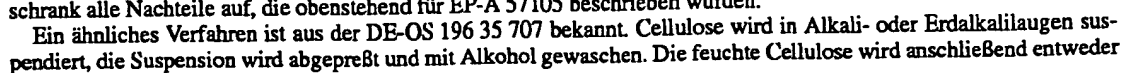
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Cellulosecarbamat

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Cellulosecarbamat durch Umsetzung von Cellulose mit Harnstoff beschrieben, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß man  
a) die Cellulose mit Hilfe einer Ammoniak enthaltenden ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze aktiviert bzw. imprägniert,  
b) die Umsetzung der Cellulose mit Harnstoff in einer ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze bei Temperaturen von 100 bis 160°C vornimmt und gleichzeitig das bei der Umsetzung entstehende Ammoniak mit Hilfe von Wasser als Schlappmittel aus dem Reaktionsgemisch entfernt und  
c) das harnstoffhaltige Rohprodukt abtrennt und aufarbeitet bzw. reinigt.  
Auf diese Weise kann mit geringem verfahrenstechnischen Aufwand und ohne die Verwendung von brennbaren organischen Lösemitteln ein einheitliches Cellulosecarbamat-Produkt mit guten anwendungstechnischen Eigenschaften gewonnen werden.

DE 198 35 688 A 1

Grundlage der Bildung von Cellulosecarbamat aus der Umsetzung von Cellulose mit Harnstoff ist die thermische Spaltung von Harnstoff (I) in Isocyan säure (II) und Ammoniak (III) (Gleichung 1). Die instabile Isocyan säure stellt den eigentlichen Reaktionspartner der Cellulose dar. Isocyan säure reagiert mit den Alkoholgruppen der Cellulose (IV) unter Ausbildung von Carbamatgruppen, dargestellt als Cellulosecarbamat (V) (Gleichung 2). Gleichung 3 beschreibt den Bruttoreaktionsverlauf.



direkt mit Harnstoff zu Cellulosecarbamat oder zuerst mit Essigsäureanhydrid zu einem Celluloseester und erst anschließend an den Veresterungsschritt mit Harnstoff bei Temperaturen von 135 bis 150°C zu Cellulosecarbamat umgesetzt. Nachteilig ist wiederum die Verwendung von Alkali- oder Erddalkalilauge mit den oben beschriebenen Schwierigkeiten. Die vorgeschaltete Umsetzung der Cellulose mit Essigsäureanhydrid macht die großtechnische Herstellung von Cellulosecarbamat um einen weiteren Verfahrensschritt komplizierter, da zusätzliche Reinigungsstufen zur Entfernung der Essigsäure benötigt werden.

Die Umsetzung von Cellulose mit Harnstoff in Xylol wird in der EP-A 97 685 empfohlen. Dabei wird der Harnstoff in körniger Form zu einer heterogenen Reaktionsmischung Xylol/Cellulose gegeben. Da Harnstoff in Xylol sehr schlecht löslich ist, werden lange und kostenintensive Reaktionszeiten benötigt. Weiterhin führt die Reaktion zu inhomogenen Produkten, da vornehmlich die amorphen Bereiche der Cellulose mit Harnstoff reagieren, da die kristallinen Bereiche für den zur Reaktion benötigten Harnstoff nicht zugänglich sind.

In der DE-OS 42 42 437 wird die Reaktion von Harnstoff mit Cellulose in einem organischen Reaktionsträger beschrieben. Als Reaktionsträger wird z. B. Toluol verwendet. Zur Imprägnierung der Cellulose mit Harnstoff wird diese bei 50°C mit einer wäßrigen Harnstofflösung versetzt. Nach Abpressen der überschüssigen Harnstofflösung wird der Wasseranteil gegen den organischen Reaktionsträger durch azeotrope Destillation ausgetauscht und die mit Harnstoff imprägnierte Cellulose über mehrere Stunden bei der Siedetemperatur des Reaktionsträgers zu Carbamatcellulose umgesetzt. Der Reaktionsträger wird, nach Abfiltration des Rohproduktes, gegen eine wäßrige Harnstofflösung, wiederum durch azeotrope Destillation, ausgetauscht. Das gebildete Cellulosecarbammat wird von der Harnstofflösung durch Filtration getrennt und mit Wasser gewaschen. Von Nachteil bei diesem Verfahren ist zum einen die Verwendung eines brennbaren organischen Lösemittels als Reaktionsträger. Zudem werden in diesem Verfahren zweimal unter hohem energetischen Aufwand Wasser und Reaktionsträger gegeneinander ausgetauscht, was zu beträchtlichen Investitions- und Betriebskosten einer solchen Anlage führt.

Außerdem wird das entsprechende Verfahren bei solchen Reaktionsbedingungen durchgeführt, die eine Biuretbildung begünstigen. Das bei Temperaturen oberhalb des Siedepunktes von z. B. Toluol in diesem praktisch unlösliche Ammoniak wird direkt aus dem Reaktionsraum abgeführt, das chemische Gleichgewicht somit in Richtung der Reaktionsprodukte verlagert. Bei einer nach diesem Verfahren durchgeführten Herstellung von Cellulosecarbammat fällt je nach Einsatzmenge an Harnstoff eine nicht unerhebliche Menge an Biuret an, welches weder sinnvoll aufgearbeitet noch in den Reaktionskreislauf zurückgeführt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Cellulosecarbammat aus Cellulose und Harnstoff zu entwickeln, welches die genannten Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist, sondern auch ohne die Verwendung von brennbaren organischen Lösemitteln und mit geringem verfahrenstechnischem Aufwand zu einem einheitlichen Produkt mit guten anwendungstechnischen Eigenschaften führt.

Diese Aufgabe wurde erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man

- a) die Cellulose mit Hilfe einer Ammoniak enthaltenden ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze aktiviert bzw. imprägniert,
- b) die Umsetzung der Cellulose mit Harnstoff in einer ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze bei Temperaturen von 100 bis 160°C vornimmt und gleichzeitig das bei der Umsetzung entstehende Ammoniak mit Hilfe von Wasser als Schleppmittel aus dem Reaktionsgemisch entfernt und
- c) das harnstoffhaltige Rohprodukt abtrennt und aufarbeitet bzw. reinigt.

Es hat sich hierbei überraschenderweise gezeigt, daß man die gleichzeitige Aktivierung und Imprägnierung der Cellulose mit einer Ammoniak enthaltenden Harnstoffschmelze und die Umsetzung der Cellulose auch ohne Zuhilfenahme von organischen Lösemitteln problemlos bewerkstelligen kann. Außerdem führt das erfindungsgemäße Verfahren zu einem einheitlichen Produkt bzgl. der Substituentenverteilung mit guten Löse- bzw. Filtriereigenschaften, was ebenfalls nicht vorhersehbar war.

Das Verfahren entsprechend der vorliegenden Erfindung umfaßt mindestens drei Stufen. In der ersten Stufe a) wird die Cellulose bei Temperaturen zwischen 80 und 160°C aktiviert und gleichzeitig imprägniert. Die Cellulose mit unterschiedlicher Herkunft und Vorbehandlung weist bekanntermaßen Kristallinitätsgrade von 40 bis 70% auf, wobei in den kristallinen Bereichen die Diffusion von Lösemitteln und Reaktionspartnern verglichen mit den amorphen Bereichen stark herabgesetzt ist. Dies hat zur Folge, daß Reaktionen der Cellulose in der Regel zu heterogenen Produkten führen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die amorphen Bereiche höhere Umsetzungsgrade aufweisen als die kristallinen, weniger zugänglichen Bereiche. Homogene Reaktionsprodukte können somit nur erzielt werden, wenn die Reaktivitäten in amorphen und kristallinen Bereichen vor der Reaktion angeglichen werden, was mit der sog. Aktivierung erreicht wird. Diese Aktivierung ist deshalb besonders wichtig, weil eine homogene Verteilung über kristalline und amorphe Bereiche sowie eine homogene Substituentenverteilung über die Polymerkette wesentliche Qualitätsparameter der Carbamatcellulose für deren Verwendung, z. B. als Faserrohstoff, darstellen.

Es ist als erfindungswesentlich anzusehen, daß die Cellulose in Stufe a) mit einer Ammoniak enthaltenden Harnstoffschmelze aktiviert wird, wobei eine wasserfreie oder wasserhaltige Harnstoffschmelze gleichermaßen geeignet ist. Der Wassergehalt der Harnstoffschmelze kann hierbei zwischen 0 und 15 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 und 5,0 Gew.-%, bezogen auf die eingesetzte Harnstoffmenge liegen. Durch die in Gleichung (I) beschriebene Reaktion bildet sich in der Harnstoffschmelze eine druck- und temperaturabhängige Ammoniakkonzentration, die für eine Aktivierung der kristallinen Bereiche der Cellulose ausreichend ist. Auf eine Zugabe von zusätzlichem Ammoniak in gasförmiger Form oder als Ammoniakwasser zur Harnstoffschmelze kann beim erfindungsgemäßen Verfahren verzichtet werden, wenn die vorhandene Ammoniakkonzentration in der Harnstoffschmelze für eine Aktivierung ausreichend ist. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn die zur Aktivierung von Cellulose verwendete Harnstoffschmelze über einen Zeitraum von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden bei Temperaturen oberhalb 133°C gehalten wurde. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird der Harnstoff mit einer Schnellschmelzeinrichtung bei ca. 140°C aufgeschmolzen und in den auf 140°C

temperierten Reaktionsbehälter gepumpt. Der Harnstoff kann aber auch als Feststoff, bspw. in kristalliner, prillierter oder granulierter Form, direkt in den Reaktionsbehälter eingebracht werden und in diesem aufgeschmolzen werden. Desweiteren kann der Harnstoff auch als konzentrierte wäßrige Lösung in den Reaktionsbehälter eingebracht werden. In diesem Fall wird der Reaktionsbehälter auf eine bevorzugte Temperatur von ca. 100°C temperiert.

5 In diese Harnstoffschmelze, die Harnstoff, Ammoniak und ggf. Wasser enthält, wird die Cellulose in zerfasierter Form oder als Flockenzellstoff feucht oder trocken eingetragen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die trockene bzw. feuchte Cellulose über eine Dosierstrecke direkt in die ggf. wäßrige Harnstoffschmelze eingebracht und durch Kne-  
10 ten oder Rühren vollständig mit Harnstoff benetzt bzw. in der wasserhaltigen Schmelze imprägniert. Die Cellulose, die vorzugsweise einen Polymerisationsgrad (DP) von 120 bis 2000, insbesondere 200 bis 600, aufweist, wird vorzugsweise bei Temperaturen von 25 bis 160°C und insbesondere bei Temperaturen um 135°C in die Harnstoffschmelze eingearbei-  
15 tet. Die erfindungsgemäße Aktivierung bzw. Imprägnierung der Cellulose in der Harnstoffschmelze erstreckt sich in der Regel über einen Zeitraum von 10 Minuten bis ca. 5 Stunden.

Die Umsetzung der Cellulose zu Cellulosecarbamat in Stufe b) wird bei Temperaturen zwischen 100 und 160°C, vorzugsweise zwischen 130 und 150°C, vorgenommen.

15 Da Stufe b) ebenfalls in einer ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze durchgeführt wird, kann man die Stufen a) und b) des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Art Eintopfreaktion zusammenfassen. Die Harnstoffschmelze dient hierbei nicht nur als Reaktionspartner der Cellulose, sondern gleichermaßen als Wärmeübertrager, welcher den schlechten Wärme-  
20 übergang der Cellulose ausgleicht. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird in den Stufen a) und b) mit einer 3- bis 50-fachen Menge Harnstoff, insbesondere einer 10- bis 25-fachen Menge, bezogen auf die Trockenmasse der Cellu-  
25 lose gearbeitet. Als besonders bevorzugt ist ein 15-facher Harnstoffüberschuß anzusehen, wobei die relativ große Menge an Harnstoff die bereits beschriebenen Wärmeübertragungseigenschaften übernimmt. Außerdem weist die Cellulose in den angegebenen Verhältnissen in der Harnstoffschmelze eine sehr gute Rühr- und Pumpfähigkeit auf.

Es ist als erfindungswesentlich anzusehen, daß das in Reaktionsstufe b) entstehende Ammoniak mit Hilfe von Wasser als Schleppmittel aus dem Reaktionsgemisch entfernt wird. Die Entfernung des Ammoniaks aus dem Reaktionsgemisch  
25 ist für den Fortgang der Umsetzung von Cellulose mit Harnstoff zu Cellulosecarbamat eine wesentliche Voraussetzung. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird das sich im Reaktionsraum und im Reaktionsgemisch befindliche Am-  
30 moniak durch kontinuierliches Zudosieren von Wasser in das Reaktionsgemisch in der Weise entfernt, daß das abdestil-  
35 lierende Wasser als Schleppmittel für das Ammoniak fungiert. Diese Verfahrensvariante ist für den Durchschnittsfach-  
mann insofern überraschend, da nach heutigem Wissensstand das Vorhandensein von Wasser einer Umsetzung von Cel-  
40 lulose mit Harnstoff zu Cellulosecarbamat entgegensteht. Die Menge des zudosierten Wassers richtet sich nach der sich  
einstellenden Gleichgewichtstemperatur im Reaktionsbehälter. Vorzugsweise wird soviel Wasser zudosiert, daß die Ver-  
dampfungsenthalpie des zugeführten Wassers die Reaktionstemperatur um 1 bis 20°C, insbesondere um 5 bis 10°C, er-  
niedrigt. Für die Reaktionsstufe b) des erfindungsgemäßen Verfahrens werden je nach gewünschtem Substitutionsgrad  
bzw. Einbau von Carbamatstickstoff Reaktionszeiten von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden benötigt. Vorzugs-  
weise betragen die Reaktionszeiten 0,5 bis 6 Stunden, insbesondere 1,0 bis 1,5 Stunden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl kontinuierlich bspw. in einem Rührkessel als auch diskontinuierlich,  
wie z. B. in einem Knetreaktor (z. B. Discotherm B Conti der Fa. List, Schweiz), durchgeführt werden.

Der Abbruch der Reaktionsstufe b) erfolgt vorzugsweise durch Zugabe von Wasser, welches z. B. über eine Pumpe  
dem Reaktionsgefäß zudosiert wird. Anschließend wird das harnstoffhaltige Rohprodukt in Stufe c) abgetrennt und auf-  
40 gearbeitet bzw. gereinigt.

In einem kontinuierlichen Verfahren (Knetreaktor) erfolgt die Abtrennung der zähflüssigen Reaktionsmasse vorzugs-  
weise mit Hilfe einer Schnecke bzw. Pumpe, die bspw. in eine Waschstufe (z. B. Schubzentrifuge) überführt wird. An-  
schließend kann das Rohprodukt, vorzugsweise durch Waschen mit Wasser, gereinigt werden. Dies kann bspw. dadurch  
erfolgen, daß das Rohprodukt eine Waschzone durchläuft, in der es z. B. auf einem Bandfilter im Gegenstrom-Verfahren  
45 mit Frischwasser von restlichem Harnstoff und Nebenprodukten befreit wird. Das endungsgemäß erhaltene Cellulosecar-  
bamat kann dann entweder direkt weiterverarbeitet oder einer nachfolgenden Trocknung unterzogen werden.

Die besonderen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens bestehen darin, daß die für die Umsetzung benötigte Ener-  
gie über die Harnstoffschmelze in das Reaktionssystem eingebracht wird. Die große Wärmekapazität des Harnstoffs er-  
möglicht hierbei eine genaue Temperaturführung, die für die großtechnische Herstellung eines einheitlichen Produktes  
50 Grundvoraussetzung ist. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil gegenüber den bereits bekannten Verfahren dar, bei denen  
der Wärmeeintrag entweder über Luft (Trockenschrank) oder über organische Reaktionsträger bewerkstelligt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren besitzt weiterhin den Vorteil, daß Harnstoff ungiftig und nicht brennbar ist. Das ent-  
stehende Ammoniak kann leicht aus der Gasphase in ein Waschesystem aufgenommen und als Ammoniakwasser weiter-  
verwertet werden. Überschüssiger Harnstoff kann aus dem Waschwasser durch Eindampfen zurückgewonnen und auf  
55 diese Weise wiederverwertet werden.

Da das erfindungsgemäße Verfahren außerdem mit geringem verfahrenstechnischen Aufwand und ohne die Verwen-  
dung von organischen Lösemitteln zu einem einheitlichen Produkt führt, eignet es sich in hervorragender Weise für die  
großtechnische Herstellung von Cellulosecarbamat.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Erfindung näher erläutern.

60

#### Beispiele

##### Beispiel 1

65 In einem Rührbehälter werden bei 150°C 200 g Harnstoff als Schmelze vorgelegt. Diese Schmelze wird über einen  
Zeitraum von 15 Minuten bei dieser Temperatur unter Rühren belassen. Dazu werden 30 g trockene, nicht aktivierte Cel-  
lulose mit einem DP von 350 gegeben. Die vorliegende Reaktionsmischung wird 90 Minuten bei 150°C gerührt, wäh-  
rend dieser Zeit werden insgesamt 100 ml Wasser über einen Tropftrichter zudosiert. Das Wasser wird zusammen mit

dem Ammoniak im Verlauf der Reaktion über eine Destillationsbrücke kontinuierlich aus dem Reaktionsgemisch entfernt. Nach den 90 Minuten wird die Cellulose durch Zugabe von auf 80°C temperiertem Wasser in diesem suspendiert und weitere 5 Minuten unter Rühren im Reaktionsbehälter belassen. Das Rohprodukt wird anschließend abfiltriert und mehrfach in kleinen Portionen mit insgesamt 31 warmem Wasser gewaschen. Nach der Trocknung bei 40°C erhält man ein Produkt mit einem Stickstoffgehalt von 2,20% und einem DP von 320. Das Produkt ist in 10%iger Natronlauge bei -5°C zu einem Anteil von 8,5 Gew.-% löslich.

#### Beispiel 2 (Vergleich)

Es wird entsprechend Beispiel 1 verfahren, auf das Zudosieren von Wasser und Entfernen des Ammoniaks im Laufe der Reaktion wird verzichtet. Man erhält ein Cellulosecarbamit mit einem Stickstoffgehalt von 0,65% und einem DP von 324. Das Produkt ist in 10%iger Natronlauge bei -5°C nicht löslich.

#### Beispiel 3

In einem offenen Laborknetter werden bei 150°C 100 g Harnstoff als Schmelze vorgelegt. Die Schmelze wird über einen Zeitraum von 60 Minuten bei 150°C im Knetter belassen. Zu dieser Schmelze werden daraufhin 100 g feuchte Cellulose (50 Gew.-% Wassergehalt) mit einem DP von 350 gegeben. Die Schmelze kühlt unter Abdampfen von Wasser auf ca. 100°C ab. Nach Abdampfen des Wassers steigt die Temperatur der Reaktionsmischung wieder auf 150°C an. Bei Erreichen der 150°C wird gerade soviel Wasser zudosiert, daß die Temperatur im Knetter bei 145°C stabil bleibt. Nach 90 Minuten Reaktionszeit wird wie unter Beispiel 1 und 2 aufgearbeitet. Man erhält ein Cellulosecarbamit mit einem Stickstoffgehalt von 3,05% und einem DP von 318, welches in 10%iger Natronlauge bei -5°C bis zu einem Anteil von 9,0 Gew.-% löslich ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Cellulosecarbamit durch Umsetzung von Cellulose mit Harnstoff, **dadurch gekennzeichnet**, daß man
  - a) die Cellulose mit Hilfe einer Ammoniak enthaltenden ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze aktiviert bzw. imprägniert,
  - b) die Umsetzung der Cellulose mit Harnstoff in einer ggf. wäßrigen Harnstoffschmelze bei Temperaturen von 100 bis 160°C vornimmt und gleichzeitig das bei der Umsetzung entstehende Ammoniak mit Hilfe von Wasser als Schleppmittel aus dem Reaktionsgemisch entfernt und
  - c) das harnstoffhaltige Rohprodukt abtrennt und aufarbeitet bzw. reinigt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man Cellulose mit einem Polymerisationsgrad von 120 bis 2000, vorzugsweise von 200 bis 600, einsetzt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur in Stufe a) zwischen 80 und 160°C liegt.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man in den Stufen a) und b) eine 3- bis 50-fache Menge Harnstoff, bevorzugt eine 10- bis 25-fache Menge, bezogen auf die Trockenmasse der Cellulose einsetzt.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wassergehalt der Harnstoffschmelze in den Stufen a) und b) zwischen 0 und 15 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,5 und 5,0 Gew.-%, bezogen auf die eingesetzte Harnstoffmenge liegt.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlungszeit in Stufe a) 10 Minuten bis 5 Stunden beträgt.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß man die Stufen a) und b) in einer Art Eintopfreaktion durchführt.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man die Reaktionstemperatur in Stufe b) auf 130 bis 150°C einstellt.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufe b) innerhalb eines Zeitraums von 0,5 bis 6,0 Stunden, bevorzugt innerhalb von 1,0 bis 1,5 Stunden, durchgeführt wird.
10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man das in Stufe b) entstehende Ammoniak durch kontinuierliches Zudosieren und Abdestillieren von Wasser aus dem Reaktionsgemisch entfernt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionstemperatur über die Zudosierung des Wassers gesteuert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampfungsenthalpie des zudosierten Wassers die Reaktionstemperatur um 1 bis 20°C, vorzugsweise 5 bis 10°C, erniedrigt.
13. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß man die Umsetzung diskontinuierlich in einem Rührkessel vornimmt.
14. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß man die Umsetzung kontinuierlich in einem Knetreaktor durchführt.
15. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß Stufe b) durch die Zugabe von Wasser abgebrochen wird.
16. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohprodukt in Stufe c) durch Waschen mit Wasser gereinigt wird.

- Leerseite -